

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO**

Maj Art **BRUNO COELHO PEREIRA**

**As capacidades proporcionadas pela fração de Guerra
Eletrônica contra Sistemas de Aeronaves Remotamente
Pilotadas nos Grupos de Artilharia Antiaérea.**



Rio de Janeiro

2023

Maj Art **BRUNO COELHO PEREIRA**

**As capacidades proporcionadas pela fração de Guerra
Eletrônica contra Sistemas de Aeronaves Remotamente
Pilotadas nos Grupos de Artilharia Antiaérea.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Comando e Estado-Maior do
Exército, como requisito parcial para obtenção
do título de Especialista em Ciências Militares,
com ênfase em Defesa.

Orientador: Maj Com **ANDRÉ KOHLER DAMIÃO**

Rio de Janeiro

2023

P436c Pereira, Bruno Coelho

As capacidades proporcionadas pela fração de Guerra Eletrônica contra Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas nos Grupos de Artilharia Antiaérea. / Bruno Coelho Pereira. - 2023.

60f. : il. ; 30 cm.

Orientação: André Kohler Damião

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares)—Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023.

Bibliografia: f. 57-60

1. Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados. 2. Meios Anti-SARP. 3. Fração de Guerra Eletrônica. 4. Artilharia Antiaérea. 5. Defesa de Estruturas Estratégicas. I Título.

CDD 355.4

Maj Art **BRUNO COELHO PEREIRA**

**As capacidades proporcionadas pela fração de Guerra
Eletrônica contra Sistemas de Aeronaves Remotamente
Pilotadas nos Grupos de Artilharia Antiaérea.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Especialista em Ciências Militares, com
ênfase em Defesa.

Aprovado em _____.

COMISSÃO AVALIADORA

André Köhler Damiano – Maj Com - Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Dante Gauto Storti – Maj MB - Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Daniel Leite da Silva – Maj MB - Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

Dedico à Marina, Natalia e Melina,
mulheres que eu amo.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Natalia, mãe dedicada que permitiu o tempo necessário para dedicar-me à ECEME.

Ao meu orientador, pelo trabalho de orientar-me nesse trabalho.

RESUMO

Os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) são uma realidade nos atuais conflitos armados. Por suas características de baixo valor, reduzido tamanho e elevada capacidade de danos tornaram-se uma ameaça relevante à defesa antiaérea da Força Terrestre. Nesse contexto, uma das missões dos Grupos de Artilharia Antiaérea (GAAE), do Exército Brasileiro, é proteger um ponto, área sensível ou tropa contra ameaças não convencionais, inclusive os SARP. Entretanto, essas Organizações Militares não dispõem de meios anti-SARP adequados para contrapor às aeronaves de pequena dimensão. Diante desse quadro, o presente trabalho tem por objetivo apresentar as capacidades que uma fração de Guerra Eletrônica (GE) podem propiciar aos GAAE contra essas ameaças aéreas, por meio da exploração do campo eletromagnético dos meios disponíveis anti-SARP. Dessa forma, foram elencados diferentes aspectos dessas aptidões, fracionados nos sete fatores do Planejamento Baseado em Capacidades (Doutrina, Organização, Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura – DOAMEPI), como possível modelo conceitual a ser adotado para a inserção de uma fração de GE nos GAAE.

Palavras-Chave: Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas, anti-SARP, Grupo de Artilharia Antiaérea, Guerra Eletrônica, Defesa Antiaérea, Planejamento Baseado em Capacidades.

RESUMEN

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) son una realidad en los conflictos armados actuales. Debido a su bajo coste, reducido tamaño y alta capacidad de daño, se convirtieron en una amenaza relevante para la defensa antiaérea de la Fuerza Terrestre. En este contexto, una de las misiones de los Grupos de Artillería Antiaérea (GAA Ae) del Ejército Brasileño es proteger un punto, área sensible o tropa contra amenazas no convencionales, incluido el VANT. Sin embargo, estas Organizaciones Militares no disponen de medios antidrón adecuados para contrarrestar las aeronaves de pequeño tamaño. Ante esta situación, el presente trabajo tiene como objetivo presentar las capacidades que una fracción de Guerra Electrónica (GE) puede proporcionar a los GAA Ae frente a estas amenazas aéreas, mediante la exploración del campo electromagnético de los medios antidrón disponibles. Así, se enumeraron diferentes aspectos de estas habilidades, divididos en los siete factores de la Planificación Basada en Capacidades (Doctrina, Organización, Adiestramiento, Material, Educación, Personal e Infraestructura - DOAMEPI), como posible modelo conceptual a adoptar para la inserción de una fracción de GE en los GAA Ae.

Palabras clave: Vehículos aéreos no tripulados, Antidrón, Grupo de Artillería Antiaérea, Guerra Electrónica, Defensa Antiaérea, Planificación Basada en Capacidades.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curtiss N-9, um dos primeiros SARP criados.....	17
Figura 2 – SARP Pionner.	18
Figura 3 – Interferidor SCE-0100	24
Figura 4 – Raytheon Technologies.....	25
Figura 5 – NEROD RF.	25
Figura 6 – Interceptor MP200.....	26
Figura 7 – Radar de vigilância HARRIER.....	27
Figura 8 – Sensor de radiofrequência ApolloShield.	28
Figura 9 – Sensor CM202U GIMBAL	29
Figura 10 – Sensor Microflown AVISA	30
Figura 11 – DroneSentry-X.....	31
Figura 12 – DroneGun Tactical	32
Figura 13 – Drone Red Sky 2.....	33
Figura 14 – EnforceAir	34
Figura 15 – Van Clave Associates INC CSentry	34
Figura 16 – Raytheon Phaser	35
Figura 17 – High Energy Laser Weapon System - MBDA Deutschland	36
Figura 18 – Estrutura Organizacional do GAA Ae	42
Figura 19 – Bateria Antiaérea de Canhões	43
Figura 20 – Organograma da Cia GE.....	44
Figura 21 – Acionamento dos meios para o combate a SARP.....	45
Figura 22 – Proposta de constituição da Seção AntiSARP	46
Figura 23 – Organograma de seção anti-SARP Espanha.....	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. METODOLOGIA	15
3. O SISTEMA DAS AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS	16
3.1 RESUMO HISTÓRICO DE EMPREGO EM COMBATE.....	16
3.2 O SISTEMA DE OPERAÇÃO DA AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA ...	18
3.2.1 Plataforma Aérea	19
3.2.2 Carga Paga ou Útil (payload).....	19
3.2.3 Estação de Controle de Solo	19
3.2.4 Terminal de Transmissão de Dados	20
3.2.5 Terminal de Enlace de Dados.....	20
3.2.6 Infraestrutura de Apoio	20
3.3 CATEGORIAS.....	21
3.4 CONCLUSÃO PARCIAL	22
4. O SISTEMA ANTI-SARP	23
4.1 PLATAFORMAS DE OPERAÇÃO	24
4.1.1 Base Fixa no solo	24
4.1.2 Base Móvel no solo	24
4.1.3 Portátil	25
4.1.4 Base montada em SARP	26
4.2 DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO	26
4.2.1 Radar	27
4.2.2 Radiofrequência	28
4.2.3 Eletro-óptico	28
4.2.4 Infravermelho.....	29
4.2.5 Acústico	30
4.2.6 Combinação de Sistemas de Detecção	30
4.3 NEUTRALIZAÇÃO	31
4.3.1 Interferência e Bloqueio de Radiofrequência	31
4.3.2 Interferência da Navegação Satelital	32
4.3.3 Falsificação de sinal.....	33
4.3.4 Ofuscamento de Imagem.....	34
4.3.5 Interferência por micro-ondas de alta potência.....	35

4.3.6 Interferência por laser	36
4.3.7 Interferência Cibernética	36
4.3.8 Combinação de meios de neutralização	37
4.4 CONCLUSÃO PARCIAL	37
5. POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA FRAÇÃO DE GUERRA ELETRÔNICA .	38
5.1 POSSIBILIDADES DA FRAÇÃO DE GUERRA ELETRÔNICA.....	38
5.2 LIMITAÇÕES DA FRAÇÃO DE GUERRA ELETRÔNICA.....	40
6. POSSIBILIDADE DE ORGANIZAÇÃO DE FRAÇÃO DE GE NO GAAAE	41
6.1 ORGANIZAÇÃO DO GRUPO DE ARTILHARIA ANTIAÉREA	41
6.2 ORGANIZAÇÃO DO COMPANHIA DE GUERRA ELETRÔNICA.....	43
6.3 POSSIBILIDADE DE FRAÇÃO GE INCORPORADA AO GAAAE	44
6.4 CONCLUSÃO PARCIAL	47
7. CAPACIDADES DA FRAÇÃO GE INCORPORADA AO GAAAE	48
7.1 DOCTRINA.....	48
7.2 ORGANIZAÇÃO	49
7.3 ADESTRAMENTO	50
7.4 MATERIAL	51
7.5 EDUCAÇÃO	52
7.6 PESSOAL.....	53
7.7 INFRAESTRUTURA.....	53
7.8 CONCLUSÃO PARCIAL	54
8. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade apontar as capacidades que podem ser acrescentadas aos Grupos de Artilharia Antiaérea, a partir da inserção de fração de Guerra Eletrônica, nesta Unidade, a fim de acrescentar a capacidade no combate contra Sistemas de Aeronave Remotamente Pilotadas (SARP). Segundo Brasil (2020), a Guerra Eletrônica é o conjunto de ações que visam a explorar as emissões do inimigo em toda a faixa do Espectro Eletromagnético (Ept Eltmg), com a finalidade de conhecer a sua ordem de batalha, suas intenções e capacidades, e, também, utilizar medidas adequadas para negar o uso efetivo dos seus sistemas, enquanto se protege e utiliza, com eficácia, os sistemas próprios.

Nesse contexto, pode-se conceituar SARP - conjunto de meios que constituem um elemento de emprego de Aeronaves Remotamente Pilotadas para o cumprimento de determinada missão aérea (BRASIL, 2020, p. 1-3).

Eles podem ser empregados pelos diferentes escalões da F Ter, desde o grupo de combate (GC) até o corpo de exército (C Ex), permitindo aos comandos obter informações, selecionar e engajar objetivos e alvos terrestres fora da visada direta e em profundidade (BRASIL, 2020, p. 4-1).

Por outro lado, a Defesa de Artilharia Antiaérea (DAAe) atuará em proveito da Função Combate Proteção realizando a busca, detecção, identificação de plataformas aéreas tripuladas e não tripuladas, destruindo aquelas julgadas hostis. (BRASIL, 2015, p. 2-2).

O aumento da complexidade e das tecnologias inseridas fomentaram a ampliação da forma de utilização dos SARP. Nas diferentes Funções de Combate, observa-se a possibilidade da inserção desse equipamento, de maneira substitutiva ou complementar aos meios já existentes (BRASIL, 2020).

Inicialmente, os SARP eram empregados apenas para a obtenção de informações a partir de fontes de imagens. Com os avanços tecnológicos, esses sistemas tiveram aumentado o rol de missões que cumprem em prol da F Spf apoiada. Passaram a transportar diversos tipos de carga útil, aptas a missões e imageamento; de guerra eletrônica; de retransmissão de comunicações; de monitoramento QBRN; de levantamento e designação de alvos; monitoramento acústico do campo de batalha; e, ainda, podem atuar como plataforma de armas (BRASIL, 2020, p. 4-1).

Nesse sentido, verifica-se a preocupação da Força Terrestre no tema

consubstanciado no Plano Estratégico do Exército Brasileiro (PEEx) 2020-2023, por meio dos seus Objetivos Estratégicos do Exército (OEE), que traz orientações específicas sobre o estudo, exploração e utilização dos SARP. Além disso, aborda condicionantes que podem justificar a ampliação do uso da Guerra Eletrônica, elencado na atividade 7.2.3.1 – Aperfeiçoar a estrutura do Sistema de Guerra Eletrônica do Exército Brasileiro.

O emprego dos meios anti-SARP é um tema pouco discutido e há número reduzido de estudos devido à utilização episódica recente no Brasil, restringindo-se, praticamente, aos Grandes Eventos ocorridos no país, na década de 2010. Atualmente, observam-se iniciativas do Comando de Defesa Antiaérea do Exército e do 1º Batalhão de Guerra Eletrônica, subordinados diretamente ao Comando de Operações Terrestres (COTER), além da Força Aérea Brasileira (FAB) no intuito de desenvolver doutrinas e criar protocolos na defesa contra SARP (Lima Filho, 2020).

Quanto às funções da Artilharia Antiaérea, verifica-se que sua atuação contra ameaças aéreas não tripuladas está dentro do escopo de suas responsabilidades: Defesa antiaérea é o conjunto de ações de defesa aeroespacial ativa desencadeado da superfície, visando impedir, anular ou neutralizar a ação de vetores aéreos hostis, tripulados ou não (BRASIL, 2015).

O Manual Defesa Antiaérea nas Operações aborda o emprego da Guerra Eletrônica nas Operações Antiaéreas, contudo a menção ao assunto se limita às Medidas de Proteção Eletrônica, com o objetivo principal de defender os sistemas de comunicações, utilizando-se de “antiMAGE” e “antiMAE”, não incluindo as ações de Medidas de Ataque Eletrônico, que correspondem ao cerne da atuação não cinética contra vetores aéreos não tripulados de categoria até 02 (BRASIL, 2017).

O planejamento de MPE começa com a identificação das redes de rádio e dos demais sistemas emissores de energia eletromagnética, cuja segurança é imprescindível para a continuidade das operações da DA Ae. Ao mesmo tempo, se faz necessário avaliar as possibilidades do inimigo no tocante à GE (MAGE e MAE) e concluir sobre as vulnerabilidades dos sistemas emissores eletromagnéticos da força face à ameaça inimiga (BRASIL, 2017, p. 6-3).

Quanto à Guerra Eletrônica, verifica-se que tem diferentes responsabilidades ligadas à exploração e utilização do espectro eletrônico, dentre elas ressalta-se seu emprego nas Medidas de Ataque Eletrônico (MAE): As ações ofensivas de GE envolvem ações cinéticas e não cinéticas, comprometendo o emprego eficiente dos

meios eletrônicos do oponente ou mesmo implicando na sua destruição física (BRASIL, 2020).

Desse modo, diante da evolução tecnológica, da diminuição dos custos de aquisição e da ampliação das capacidades de ataque e do uso das Aeronaves Remotamente Pilotadas, de emprego militar e civil, torna-se imprescindível que a Artilharia Antiaérea aumente o seu escopo de meios disponíveis para fazer frente às novas ameaças, sendo a utilização do espectro eletromagnético a alternativa mais eficaz para esse intento.

2. METODOLOGIA

Nessa seção é apresentada a metodologia que será utilizada para desenvolver o trabalho, evidenciando-se os seguintes tópicos: tipo de pesquisa, coleta de dados, tratamento de dados e limitações do método.

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, na qual fica evidenciada a procura subjetiva de fontes de informação, desde as rasas até as mais profundas, o tratamento dos dados se dará de forma não estatística. Em decorrência, serão empregadas as técnicas de análise de conteúdo, histografia e o método comparativo. A análise de conteúdo permitirá obter significados apurados do conhecimento levantado. Seguindo a taxonomia de Vergara (2009), essa pesquisa será exploratória, aplicada e bibliográfica.

Ela será exploratória porque a falta de informações disponíveis acerca dos meios anti-SARP, de outros exércitos, limita o campo da pesquisa; aplicada devido a existência de uma questão real a ser resolvida no Exército Brasileiro, que é defesa contra aeronaves não tripuladas; e bibliográfica, em razão da pesquisa buscar fontes de consulta publicadas em artigos, livros e revistas especializadas, disponíveis para acesso pelo público geral.

A metodologia em questão possui limitações, particularmente, quanto à profundidade do estudo a ser realizado, uma vez que não há, atualmente, no EB, pesquisas específicas que abordem a oportunidade de inserção de fração de Guerra Eletrônica aos Grupos de Artilharia Antiaérea, na atuação anti-SARP. No entanto, entende-se que o método é adequado para o objetivo geral de estudar as atuais possibilidades e limitações da AAAe em realizar ações de GE contra as ameaças representadas pelo emprego dos SARP.

Por fim, como limite temporal foram estipulados os últimos vinte anos da ocorrência de conflitos armados internacionais com emprego dos SARP, o período de realização de grandes eventos no território nacional, que demandaram uma efetiva DAAe contra os SARP, e a evolução dos equipamentos anti-SARP ocorridos, particularmente, nas últimas duas décadas.

3. O SISTEMA DAS AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

Neste capítulo serão abordadas considerações gerais acerca da operação e capacidades dos SARP, identificando as peculiaridades operacionais desse tipo de equipamento. Além disso, serão apresentados um resumo histórico da evolução do emprego nas Guerras e a classificação dessas aeronaves.

3.1 RESUMO HISTÓRICO DE EMPREGO EM COMBATE

O uso de SARP remonta ao século XVIII, quando o exército austríaco utilizou balões para condução de materiais incendiários contra forças oponentes (PECHARROMÁN; VEIGA, 2017).

Na Primeira Guerra Mundial, observou-se iniciativas da Marinha e Exército norte-americano de criar armamentos não tripulados para serem utilizados contra seus adversários. A Força Terrestre, em específico, desenvolveu um míssil de 240 kg que, uma vez lançado, era guiado por meio de um pequeno giroscópio dentro de uma aeronave até seu destino, a uma velocidade de cerca de 193 km/h. O controle era obtido por intermédio de um sistema pneumático/vácuo, sistema elétrico e um barômetro/altímetro (KEANE e CARR, 2013).

Durante o entre Guerras, houve evolução no desenvolvimento de aeronaves não-tripuladas, que eram controlados por rádios, com resultados expressivos no treinamento dos sistemas de defesa antiaérea, do Exército norte-americano (KEANE e CARR, 2013).

Na Segunda Guerra Mundial, a intenção de utilização aeronaves de ataque remotamente controlada por rádio ficou adiada, pois, após inúmeros testes, nos *Project Option* e *Aphrodite*, da Marinha e Exército dos EUA, respectivamente, verificou-se baixa eficácia no controle para o atingimento dos alvos propostos, o que resultou em uso inexpressivo nesse conflito (KEANE e CARR, 2013).

Figura 1 - Curtiss N-9, um dos primeiros SARP criados.



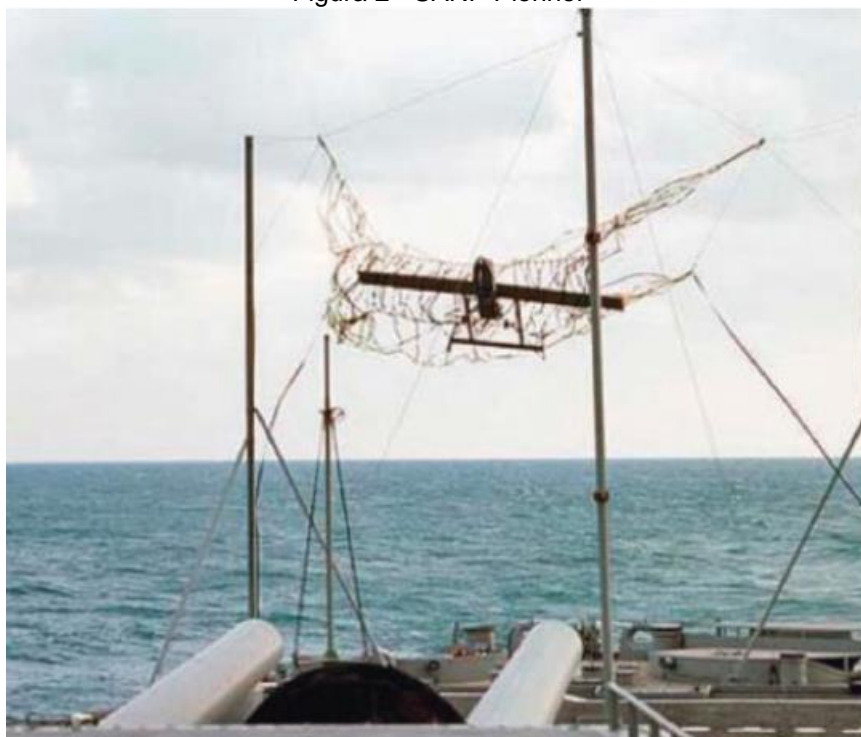
Fonte: KEANE e CARR, 2013

O período posterior, compreendido pela Guerra Fria, foi um momento de teste de novos armamentos e aeronaves remotamente guiadas, como a Unidade de Mísseis Guiados 90 (GMU-90) e os drones F6F-5K *Hell cat*, sob o controle de rádio de Douglas AD-4N *Skyraiders*, empregados na Guerra da Coreia contra o norte socialista, cujo objetivo foram estruturas estratégicas, obtendo com 50% de eficácia (KEANE e CARR, 2013).

Nesse contexto, a Guerra do Vietnã foi marcada pela larga utilização de antiaérea soviética contra os norte-americanos. Para reduzir as perdas humanas no combate aéreo, foi empregado o SARP *Lightning Bug* (evolução do jato controlado por rádio *Ryan Firebee*) que era usado como plataforma não tripulada de coleta de informações, tirando fotos de baixa e alta altitude (inteligência de imagens), tendo por finalidade o planejamento de ataque e avaliação de danos em batalha, com grande eficácia nas operações, o que fomentou o aumento do investimento no aprimoramento tecnológico e seu posterior emprego nos conflitos subsequentes em que os EUA participaram (MARTON, 2018).

Nessa situação, a partir da Primeira Guerra do Golfo as Aeronaves Remotamente Controladas, operadas por orientação satelital, tiveram papel decisivo no Campo de Batalha, tendo destaque o *Pionner* nas Operações de Reconhecimento contra o Iraque. Esse tipo de equipamento foi fundamental para as Forças Bélicas dos EUA na Bósnia, Guerra do Golfo Pérsico e na Guerra Global contra o Terror (KEANE e CARR, 2013).

Figura 2 - SARP Pionner



Fonte: KEANE e CARR, 2013

3.2 O SISTEMA DE OPERAÇÃO DA AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

A composição geral de um SARP pode variar em função de sua categoria, propósito de uso, modelo de serie e dos avanços tecnológicos que poderão levar à diferentes arquiteturas de estrutura montada (BRASIL, 2020).

Além da composição do SARP, deve-se ressaltar a equipe humana que opera a aeronave: piloto, responsável por conduzir a aeronave; operadores dos equipamentos inseridos; analistas que interpretam o que é coletado; coordenador de solo que gerencia os diferentes equipamentos; e gerente logístico (BRASIL, 2020).

3.2.1 Plataforma Aérea

É constituída pela Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) propriamente dita, estrutura física que abriga todos os componentes internos e proporciona estabilidade e resistência durante o voo, incluindo grupo motopropulsor (elétrico ou a combustão), sistema elétrico e sistema de navegação e controle embarcados, necessários ao controle, à navegação e à execução das diferentes fases do voo, responsável por receber os comandos de voo do piloto ou do sistema de controle autônomo e transmiti-los aos motores (BRASIL, 2020).

Além da estrutura física supracitada, o software embarcado tem a responsabilidade de receber os dados do comando dado pelo operador, seja para o controle de voo ou de emprego da carga paga, e realizar os cálculos necessários para a estabilidade da aeronave e o cumprimento da missão pela qual foi concebida.

3.2.2 Carga Paga ou Útil (payload)

Compreende as câmeras, os sensores e equipamentos inseridos nas aeronaves com a finalidade específica de cumprir as missões pelas quais foi designado. Para tal, pode-se listar os seguintes materiais: as câmeras de sensores eletro-ópticos (EO) e infravermelhos (IR), radares de abertura sintética (*Synthetic Aperture Radar - SAR*) e de detecção de atividades (*Ground Moving Target Indicator - GMTI*), apontadores/designadores laser (*Laser Range Finder or Designator*), dispositivos de comunicações e de guerra eletrônica (GE), acústicos, entre outros (BRASIL, 2020).

3.2.3 Estação de Controle de Solo

É a unidade de comando em terra que transmite as informações entre o operador, a aeronave e a carga paga, permitindo o planejamento e a condução do voo e da missão. Essa estação pode ser portátil, conduzido pelo homem, ou embarcada, fixa em viatura ou outra estrutura física, composta, normalmente, pelo terminal de pilotagem da Aeronave Remotamente Pilotada (ARP) (para comando da plataforma aérea) e o terminal de controle do *payload*, os quais podem compor uma única estação conjugada ou estarem separados (BRASIL, 2020).

3.2.4 Terminal de Transmissão de Dados

São os equipamentos necessários para realizar a conexão lógica entre a aeronave e a Estação de Controle de Solo, que propicia o controle do voo (telemetria e telecomando) e o controle da carga paga, além da coordenação com os órgãos de Controle de Tráfego Aéreo. A ARP pode ser controlada das seguintes formas: em linha de visada, que é caracterizado pela ligação direta entre a Estação de Controle de Solo e a aeronave; e além da linha de visada, que é realizado por meio da utilização de satélite ou *relay* de comunicações (BRASIL, 2020).

3.2.5 Terminal de Enlace de Dados

São os equipamentos necessários para transmitir as informações coletadas pelo SARP ao Centro de Comando e Controle da Força Terrestre, de forma a propiciar, em tempo real, a tomada de decisão pelos comandos enquadrantes. Esses equipamentos podem ser integrantes ou fazer parte de um Terminal de Transmissão de Dados ou Estação de Controle de Solo (BRASIL, 2020).

3.2.6 Infraestrutura de Apoio

São os diferentes sistemas e equipes responsáveis por dar suporte a continuidade da operação de SARP, compreendendo os seguintes grupos:

- a) grupo de lançamento – varia de acordo com o processo utilizado para lançar a ARP, podendo ser: manual (próprias mãos do operador), mecânico (catapultas ou rampas, embarcadas ou não), convencional (áreas descampadas e pistas preparadas ou não) e vertical (asa rotativa);
- b) grupo de recuperação – varia de acordo com o processo utilizado para pouso da ARP, podendo ser: manual (próprias mãos do operador), mecânica (rede, gancho, fio ou outro dispositivo de retenção), convencional (trem de pouso e freios mecânicos), aquática (flutuadores), queda (paraquedas ou airbag) e vertical (asa rotativa);
- c) grupo de geração de energia – serve para alimentar a estação de controle, recarregar as baterias, alimentar sistemas de lançamento e recuperação, sistemas de manutenção, entre outros;
- d) grupo de apoio de solo – varia de acordo com a categoria do SARP, englobando os equipamentos necessários à movimentação e à preparação da aeronave antes do voo;
- e) grupo de apoio logístico – varia de acordo com a categoria do SARP, compreendendo o material e os equipamentos necessários para a realização das atividades e tarefas das funções logísticas manutenção, suprimento e transporte, tais como suprimento (itens completos e sobressalentes),

ferramental, softwares, manuais técnicos, acessórios e meios de transporte, de modo a assegurar a disponibilidade continuada do sistema; e
 f) grupo de treinamento e simulação – compreende os meios auxiliares de treinamento e os dispositivos virtuais ou mecânicos de simulação, voltados para a habilitação dos recursos humanos nas áreas de operação e apoio (BRASIL, 2020, p. 4-4).

3.3 CATEGORIAS

A determinação das categorias dos SARP é indicada a partir de parâmetros estipulados pelo órgão regulador, tomando por referência o desempenho, a massa (peso) do veículo, os tipos de enlaces, os efeitos produzidos pela carga paga, as necessidades logísticas ou o escalão responsável pelo emprego do sistema (BRASIL, 2020).

A Força Terrestre Brasileira estipulou a divisão dos SARP em cinco categorias, de forma a atender os diferentes Escalões de emprego, do Ministério da Defesa (MD)/Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA) até o nível SU. A figura abaixo apresenta a descrição dessas categorias, com a correlação da classificação adotada pela OTAN na coluna GRUPO (BRASIL, 2020).

Tabela 1 - Categorias dos SARP para a F Ter

Grupo	Categoria (Cat)	Elemento de Emprego	Nível de Emprego
III	5	MD/EMCFA	Estratégico
	4	C Cj	Operacional
II	3	CEx/DE	Tático
I	2	DE/Bda	
	1	Bda/U	
	0	até SU	

Fonte: BRASIL, 2020, p. 4-5

Nesse sentido, a complexidade na operação dos sistemas cresce a partir da elevação do grau da categoria, exigindo estruturas, competências e infraestruturas maiores. Assim, verifica-se que a Artilharia Antiaérea apresenta limitações quanto ao emprego contra categorias inferiores, o que traz a análise existente no presente

trabalho quanto a possível inserção de fração de Guerra Eletrônica ao GAAe (BRASIL, 2020).

3.4 CONCLUSÃO PARCIAL

Pode-se concluir, parcialmente, que o SARP apresentou uma larga evolução ao longo do tempo, principalmente quando foi testado e certificado que seria um excelente armamento no combate moderno, como estrutura disruptiva a ser utilizada pelos chefes militares.

Outrossim, o equipamento apresenta um complexo sistema de funcionamento e uma variedade de tipos e categorias. Nesse sentido, torna-se um desafio para antiaérea contrapor-se a essa ameaça aérea, em especial as de categoria até 02, o que exige a inserção de meios guerra eletrônica específicos, de acordo com a característica do SARP a ser neutralizado.

4. O SISTEMA ANTI-SARP

O crescimento exponencial da tecnologia anti-SARP está ligado às novas ameaças representadas pelo amplo uso de SARP até a categoria 02, que são sistemas particularmente pequenos e baratos, seja em ambientes urbanos ou de conflito armado. No ramo militar, pequenos SARP têm proliferado a uma taxa que tem preocupado os comandantes e planejadores do Campo de Batalha (MICHEL, 2019).

Os sistemas de defesa antiaérea são projetados, principalmente, para proteger o espaço aéreo contra aeronaves convencionais, de modo a detectar, rastrear e abater grandes objetos em movimento rápido. Em função dessas características, eles nem sempre conseguem captar SARP pequenos, lentos e voando baixo (MICHEL, 2019).

Os recentes conflitos bélicos Nagorno-Karabakh e Rússia-Ucrânia talvez sejam os melhores exemplos de como SARP pequenos e de custo reduzido podem mudar as dimensões da batalha, anteriormente dominado por embates terrestres e poder aéreo tradicional. A guerra aérea conduzida por plataformas não tripuladas surpreendeu os sofisticados sistemas de defesa antiaérea existentes e indicou a urgência de investimento e desenvolvimento de armamentos específicos para contrapor tal ameaça (SHARMA, 2022).

Desse modo, a rápida evolução e proliferação da tecnologia agregada aos SARP, a sua capacidade de escolher alvos, a alta vulnerabilidade de forças e ativos críticos exigirão a inserção de meios e doutrina anti-SARP nas Forças Armadas dos países (SHARMA, 2022).

Além disso, os SARP também estão se tornando cada vez mais uma arma de escolha para grupos não estatais que empregam o equipamento para vigilância, gerenciamento de espaço de batalha, inteligência e ataques aéreos, com efeitos consideráveis, particularmente em estruturas estratégicas. Como resultado da proliferação dessa tecnologia, que deve continuar em ritmo acelerado nos próximos anos, os sistemas anti-SARP se tornarão uma arma onipresente em todos os conflitos futuros (MICHEL, 2019).

O sistema anti-SARP apresenta diferentes classificações quanto ao tipo de plataforma de operação, à forma de detecção e identificação e ao modo de neutralização da ameaça aérea. Cada armamento pode adotar um ou mais mecanismos de utilização dessa classificação.

4.1 PLATAFORMAS DE OPERAÇÃO

Representa o modo como a estrutura de funcionamento de sistema anti-SARP está inserido para funcionamento, pode variar a partir das vantagens e necessidades que o comprador deseja, como, por exemplo, a portabilidade, que permite uma maior flexibilidade de transporte, e fixos, que garantem uma maior quantidade de recursos e equipamentos inseridos.

4.1.1 Base Fixa no solo

A classificação abrange os armamentos que estão estacionados em uma base rígida no solo, razão pela qual limitam sua utilização em operações militares de guerra, com maior emprego em na defesa de estruturas estratégicas ou grandes eventos.

Um exemplo de equipamento de base fixa é o rádio frequência SCE 0100-D, que foi o principal armamento, das Forças de Segurança Pública Brasileiras, no combate aos SARP, durante a Operação JOP 2016 (DINIZ, 2019).

Figura 03 - Interferidor SCE-0100



Fonte: disponível em: < <https://www.pilotopolicial.com.br/iacit-faz-demonstracao-de-sistema-bloqueador-de-drones-adquirido-pelo-exercito/> > acesso em 22 de junho de 2023

4.1.2 Base Móvel no solo

Os sistemas de combate aos SARP ficam inseridos à uma base montada e operada em veículos, condição que permite o rápido deslocamento e, ao mesmo tempo, uma capacidade de inserir maior número de componentes de detecção e neutralização contra a ameaça aérea.

Um exemplo de armamento é a viatura Raytheon Technologies que utiliza plataforma móvel no solo e, por estar inserida ao automóvel, permite o emprego para detecção e neutralização, por meio de Arma de Energia Direcionada (RAYTHEON TECHNOLOGIES, 2023).

Figura 04 - Raytheon Technologies



Fonte: disponível em :<<https://www.military.com/defensetech/2018/03/20/raytheons-laser-dune-buggy-set-fry-enemy-quadcopters.html>> acesso em 14 de julho de 2023

4.1.3 Portátil

Utilizam plataformas que podem ser manipuladas por um único indivíduo, apresenta características físicas similares ao fuzil ou rifle e, por essa razão, permite o emprego com alto grau de autonomia e flexibilidade.

O NEROD RF é um exemplo de equipamento portátil de fabricação francesa. Em razão das suas pequenas dimensões e peso, pode ser facilmente empregado em operações reais ou em segurança de eventos (MC2 TECHNOLOGIES, 2023).

Figura 05 - NEROD RF



Fonte: disponível em: <<https://www.mc2-technologies.com/en/nerod-rf/>> acesso em 19 de julho de 2023

4.1.4 Base montada em SARP

Neste sistema, um SARP carrega uma estrutura capaz de detectar ou neutralizar o SARP não autorizado ou hostil. Devido as dimensões reduzidas, esta base permite poucos componentes associados, normalmente funcionará como identificador ou neutralizador de uma ameaça aérea.

O SARP Interceptor MP200 é um equipamento projetado pela empresa francesa Malou Tech e pela empresa de telecomunicações Groupe Assmann que carrega uma rede física entrelaçada para interceptar e capturar SARP com atitude suspeita. Significa uma alternativa de baixo custo e com reduzido dano colateral, na defesa de grandes eventos ou proteção de autoridades (GROUP ASSMANN, 2023).

Figura 06 - Interceptor MP200



Fonte: disponível em <https://www.researchgate.net/figure/A-Malou-Tech-MP200-interceptor-UAV-a-A-net-to-intercept-the-drone-b-Interceptor_fig56_331920623> acesso em 19 de julho de 2023.

4.2 DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO

Um sistema de monitoramento deve detectar, identificar, localizar e rastrear o espaço aéreo, com a finalidade de buscar um SARP de atitude suspeita. Dependendo do tipo de sistema usado, um sensor que faz uma detecção inicial e, posteriormente, sensores secundários, como câmeras ou elementos de identificação eletrônica, podem confirmar que o objeto detectado é de fato um SARP suspeito, bem como determinar sua localização precisa e rastrear seus movimentos (MICHEL, 2019).

Os sensores secundários podem, também, servir para fornecer informações adicionais sobre o SARP, o que pode ajudar a determinar se realmente representa uma atitude hostil. Por exemplo, uma câmera pode mostrar se um SARP parece estar

carregando explosivos e até mesmo identificar a localização do operador do drone (MICHEL, 2019).

Com base nas informações desses sensores, um operador humano ou o próprio sistema, se programado, deve decidir como responder à presença do SARP, por meio de algum sistema de neutralização (MICHEL, 2019).

Nesse contexto, verifica-se a limitação da detecção visual, pois a partir de 3 a 4 km as aeronaves tornam-se difíceis de serem observadas a olho nu. Dessa maneira, impõe-se a necessidade de um sistema anti-SARP que possa detectar e rastrear múltiplas aeronaves, que se deslocam a reduzidas velocidades e baixas altitudes, entre áreas urbanizadas e obstáculos naturais e artificiais, pois os radares atuais foram estruturados, na maior parte dos casos, para detectar e acompanhar aeronaves de grande porte e alta velocidade (LIMA FILHO, 2020).

4.2.1 Radar

O radar tem a capacidade de detectar a presença de pequenas aeronaves não tripuladas pela análise da sua seção reta radar, que é produzido quando a aeronave reflete os pulsos de radiofrequência emitidos por esse equipamento. O sistema, geralmente, utiliza algoritmos para distinguir os SARP de outros objetos pequenos voando baixo, como pássaros (MICHEL, 2019).

Segundo Lima (2020), o óbice existente na utilização do radar é a limitação de detecção em função da baixa assinatura radar dos objetos de pequena dimensão. Além disso, a necessidade de visada direta do campo de atuação de emissão, somada a dificuldade de detecção de SARP que estejam a uma distância baixa do solo.

Figura 07 - Radar de vigilância HARRIER



Fonte: disponível em: <<https://www.aeroexpo.online/prod/detect-global-ltd/product-172588-15258.html>> acesso em 22 de julho de 2023

4.2.2 Radiofrequência

Os equipamentos de detecção de radiofrequência consistem em antenas para receber ondas de rádio e um processador para analisar o espectro de radiofrequência, que normalmente os SARP operam (MICHEL, 2019).

Eles são usados para detectar a comunicação de rádio entre um SARP e seu controlador, alguns sistemas podem identificar as marcas e modelos de aeronaves não tripuladas mais comuns, enquanto outros podem até identificar os endereços MAC do SARP e de seu controlador, se estiver utilizando Wi-Fi para comunicação (ROBIN,2023).

Segundo LIMA (2020), o aparelho com essas características apresenta algumas restrições relacionadas às interferências eletromagnéticas que podem diminuir a efetividade de detecção, principalmente em zonas urbanas, onde há uma série de equipamentos que geram interferências, tais como antenas de comunicação e linhas de energia elétrica.

Figura 08 - Sensor de radiofrequência ApolloShield



Fonte: disponível em: <<https://www.apolloshield.com/html>>
acesso em 19 de julho de 2023

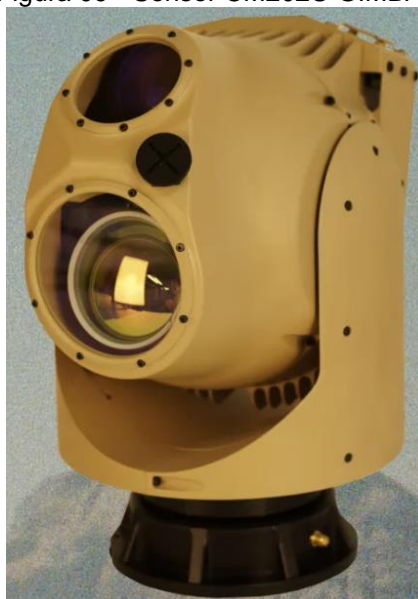
4.2.3 Eletro-óptico

O sistema tem a capacidade de identificar e rastrear SARP com base na análise de imagem proveniente de uma câmera. O atual avanço da tecnologia da informação

permite a utilização da inteligência artificial como ferramenta auxiliar, por meio do confronto da imagem com algoritmos existentes no campo de dados do sistema.

A limitação desse tipo de equipamento é ensinar o sistema a reconhecer os inúmeros tipos de imagem de aeronaves existentes. Além disso, as condições meteorológicas, como tempestades e nevoeiros, podem dificultar a assimilação e interpretação da imagem (ŁUKASIEWICZ; KOBASZYŃSKA, 2022).

Figura 09 - Sensor CM202U GIMBAL



Fonte: disponível em: <<https://www.ascentvision.com.au/cm202u/>> acesso em 12 de julho de 2023.

4.2.4 Infravermelho

O sistema adota a identificação do SARP por meio da detecção do calor emitido por uma aeronave, realizada por câmeras operando na faixa infravermelha de radiação eletromagnética. O veículo aéreo não tripulado, normalmente, armazena energia elétrica, que pode ser uma bateria de polímero de lítio, e gera uma fonte de calor pelos motores rotativos e sistema de controlador eletrônico de velocidade projetado para regular a velocidade de rotação dos motores (ŁUKASIEWICZ; KOBASZYŃSKA, 2022).

A dificuldade de captar a emissão de calor gerada pelo SARP obriga o equipamento ser auxiliar de outros na detecção, atuando em conjunto com diferentes sistemas, de forma complementar, principalmente com o eletro-óptico,

conforme o material CM202U GIMBAL, figura 09. Cabe ressaltar, que os dissipadores de calor existentes nos SARP dificultam a detecção pelo sensor infravermelho.

4.2.5 Acústico

O sistema detecta os sons produzidos pelo motor dos SARP utilizando microfones. A identificação acústica, assim como a óptica mencionada, conta com uma lista de sons, em seu banco de dados, produzidos por aeronaves remotamente pilotadas conhecidas, com a capacidade de distinguir dos demais sons existentes no ambiente, muitas vezes utilizando algoritmos da inteligência artificial (MICHEL, 2019).

A eficiência desse tipo de equipamento é baixa, pois sofre a interferência de outros sons adjacentes, além dos SARP da categoria 02 produzirem um som bem reduzido, o que restringe o alcance de detecção (MICHEL, 2019).

Figura 10 - Sensor Microflown AVISA



Fonte: disponível em: <<https://www.microflown-avisa.com/solutions/skysentry-1/skysentry-1-1>> acesso em 19 de julho de 2023

4.2.6 Combinação de Sistemas de Detecção

A utilização de diversos sistemas de detecção permite uma capacidade mais ampla e confiável de identificação e certificação que determinado SARP corresponde à uma ameaça ou suspeita. Além disso, a complementariedade gerada pelos diferentes sensores favorece a redução das limitações existentes de cada um, de forma isolada (LIMA, 2020).

O equipamento DroneSentry-X, figura 11, da empresa norte-americana Droneshield, apresenta a capacidade múltipla de detecção, abarcando a

radiofrequência e radar, que, aliado a condição de mobilidade da viatura, garante flexibilidade e maior eficiência na identificação de SARP.

Figura 11 - DroneSentry-X



Fonte: disponível em: <<https://www.droneshield.com/products/sentry-x>> acesso em 23 de julho de 2023

4.3 NEUTRALIZAÇÃO

Corresponde a etapa em que efetivamente é neutralizado o SARP, por diferentes sistemas de interceptação, a serem descritos abaixo, de modo a mitigar possíveis danos de uma ameaça aérea (LIMA, 2020).

Nesse sentido, existe uma série de técnicas existentes de interceptação, que podem resultar em diferentes efeitos, tais como a aterrissagem do drone no solo, a imposição de retorno ao local de origem, a captura do SARP e a sua destruição total ou parcial (MICHEL, 2019).

Segundo Lima (2020), a neutralização pode ser por meio cinético, quando algum meio físico inflige danos ao SARP, ou não cinético, quando há interferência eletrônica, laser ou micro-ondas. No presente trabalho, serão abordados os não cinéticos, tendo vista abarcar os meios utilizados pela fração de Guerra Eletrônica.

4.3.1 Interferência e Bloqueio de Radiofrequência

A interferência ou bloqueio de radiofrequência é gerada pela emissão de onda eletromagnética que afeta a comunicação entre o SARP e a estação terrestre, fato que provoca a perda do controle do piloto, o que ocasiona, geralmente, a descida da aeronave ao solo ou o retorno ao local de origem (MICHEL, 2019).

Entretanto, a interferência por radiofrequência pode prejudicar as comunicações dos sistemas legítimos e autorizados nas proximidades de atuação. Soma-se a esse fato, a falta de capacidade de atingir SARP que não possui radiofrequência ativa, além de possuir alcance restrito de algumas centenas de metros e a necessidade de visada direta para o SARP, parâmetros de atuação que limitam o seu emprego a situações muito específicas (MICHEL, 2019).

Figura 12 - DroneGun Tactical



Fonte: disponível em: <<https://www.euractiv.com/section/digital/news/eu-police-forces-to-employ-anti-drone-guns-illegal-in-the-us/>> acesso em 19 jul. 2023

4.3.2 Interferência da Navegação Satelital

O método visa tirar a orientação do posicionamento do SARP em relação ao satélite, a interferência é obtida por um sinal emitido do dispositivo interferente nas frequências nas quais o sistema de posicionamento funciona, com a capacidade de ser mais intenso do que o sinal do satélite, provocando que a aeronave não consiga determinar corretamente sua posição (ŁUKASIEWICZ; KOBASZYŃSKA, 2022).

A utilização desse método deve levar em conta que pode causar interferência na operação de sistemas satelitais de meios amigos, como aeronaves e aeroportos. Além disso, pode provocar dano colateral pela queda abrupta do SARP sobre instalações ou pessoas, fato que exige uma análise da área a ser atingida antes da atuação propriamente dita (MICHEL, 2019).

Como exemplo de equipamento que utiliza essa tecnologia, o Drone Red Sky 2, figura 13, da empresa Elbit Systems, dentre as várias configurações que possui está a possibilidade de atuar sobre a navegação do SARP e obrigá-lo a realizar o deslocamento de descida (ELBIT SYSTEMS, 2023).

Figura 13 - Drone Red Sky 2



Fonte: disponível em: < <https://www.elbitsystems-uk.com/what-we-do/national-security/observation-surveillance-detection/anti-drone-systems/red-sky-2.pdf> > acesso em 19 jul. 2023

4.3.3 Falsificação de sinal

Conhecido como *Spoofing*, o método de neutralização se baseia na emissão de um sinal falso contendo uma posição alterada, determinada pelo interceptador. A aeronave remotamente pilotada passa a avaliar sua posição com base em um sinal falso e voará, portanto, para o local indicado pelo dispositivo apontando para a posição errada, o que evitará a possível ação hostil pretendida (YUKASIEWICZ, 2022).

Um exemplo desse sistema é o EnforceAir, da empresa israelense D-Fence, que permite que os operadores do equipamento assumam o controle total dos SARP e os pousam com segurança em uma zona predefinida ou, alternativamente, afastando-os e enviando-os ao seu ponto de origem, de modo a prevenir danos colaterais, normalmente ocasionado por neutralização cinética (D-Fence, 2023).

O equipamento permite, ainda, a distinção de SARP autorizado do SARP sem registro, de forma a não interferir na operação de aeronaves permitidas, pois a maioria dos equipamentos similares atua bloqueando o controle de radiofrequência de todo o espaço aéreo, sem distinguir o amigo do não amigo (D-Fence, 2023).

Figura 14 - EnforceAir



Fonte: disponível em: <<https://www.internationalsecurityexpo.com/exhibitor-products/enforceair-anti-drone-system>> acesso em 23 de julho de 2023

4.3.4 Ofuscamento de Imagem

O equipamento atua sobre a câmera do SARP por meio de um feixe de luz de alta intensidade com a intenção de “cegar” a aeronave. Dessa forma, o SARP perde a capacidade de análise e interpretação de imagem, necessários para uma possível ação hostil. Nesse caso, a intensidade do feixe de luz provoca perda da possibilidade de captação de imagem, sem prejudicar as estruturas de voo.

Figura 15 - Van Clave Associates INC CSentry



Fonte: disponível em: <<https://vcasecurity.com/product/csentry/>> acesso em 22 de julho de 2023

4.3.5 Interferência por microondas de alta potência

O seu sistema usa a tecnologia de tubo de vácuo para gerar a energia irradiada, cujo direcionamento é executado por uma antena refletora para gerar um feixe cônico, dando-lhe a capacidade de desativar os circuitos eletrônicos da aeronave (MICHEL, 2019).

O armamento é eficaz contra o ataque de inúmeros SARP simultâneos, conhecido como ataque-enxame (*drone swarm*), como o perpetrado por rebeldes houtis do Iêmen, em 2019, contra as refinarias de petróleo da Arábia Saudita (BBC, 2022). A energia microondas age a longo alcance e uma frente de ação elevada, de modo a desativar vários drones ao mesmo tempo, com rápida resposta.

Como fator negativo do armamento, a possibilidade de infligir danos contra diferentes meios que utilizam o espaço aéreo, pois não faz distinção de material a ser atingido quando do seu acionamento, podendo, assim, afetar aeronaves, SARP, mísseis da força amiga (MICHEL, 2019).

Figura 16 - Raytheon Phaser



Fonte: disponível em: < <https://www.autoevolution.com/news/raytheon-s-phaser-microwave-beam-weapon-is-certifiably-insane-can-bbq-hypersonic-missiles-180440.html> > acesso em 22 de julho de 2023

4.3.6 Interferência por laser

O método utiliza um dispositivo óptico de alta potência que produz um feixe de luz extremamente focado, ou feixe de laser, que destrói segmentos vitais da fuselagem da aeronave, fazendo-a cair no chão (MICHEL, 2019).

Nessa situação, um SARP neutralizado por este método cai no solo de forma descontrolado, o que pode gerar danos colaterais graves contra pessoas e instalações sensíveis. Além disso, ele fica seriamente danificado quando cai, perdendo os dados armazenados em seu computador e a inutilização da aeronave (ROBIN,2023).

A limitação do sistema ocorre em condições meteorológicas de nevoeiro ou chuva, quando a direção do laser é modificada por ocasião do contato com as moléculas de água, fato que evidencia uma perda de eficiência em situações climáticas adversas (ROBIN,2023).

Figura 17 - High Energy Laser Weapon System - MBDA Deutschland



Fonte: disponível em: <<https://www.nextbigfuture.com/2016/11/mbda-germany-will-depmonstrate-high.html>> acesso em 23 de julho de 2023

4.3.7 Interferência Cibernética

Representa um método mais recente de neutralização de SARP, em que a interceptação ocorre dentro da rede mundial de computadores, para sistemas de aeronave que se comunicam com o operador pela internet (ROBIN, 2023).

A captura da identificação de número “MAC” do computador pelo interceptador permite o controle do SARP até a algum local que considerar oportuno. Além disso, possibilita identificar o operador do sistema, que pode ser utilizado para fins de criminalização legal (ROBIN, 2023).

4.3.8 Combinação de meios de neutralização

Verifica-se que grande parte dos equipamentos disponíveis no mercado apresentam mais de um método de neutralização de SARP. Essa capacidade permite uma complementariedade de atuação, em que uma limitação de um método é compensada pela virtude de outro. A título de exemplo, o EnforceAir, figura 14, agrega os equipamentos de neutralização por interferência de radiofrequência, de satélite e ofuscamento (MICHEL, 2019).

4.4 CONCLUSÃO PARCIAL

A evolução tecnológica dos SARP exige uma rápida resposta de desenvolvimento de meios anti-SARP capazes de contrapor as melhorias inseridas. Desse modo, observa-se o crescimento nítido do mercado global de segurança aérea contra aeronaves remotamente pilotadas.

Nesse sentido, estão surgindo avanços tecnológicos individuais que representam desafios únicos do ponto de vista de combate aos SARP. Talvez o mais notável no curto prazo seja a pesquisa ativa para desenvolver aeronaves que possam operar em ambientes sem GPS, o que limitaria a capacidade de interceptação dos meios anti-SARP (MICHEL, 2019).

5. POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES DA FRAÇÃO DE GUERRA ELETRÔNICA

A Guerra Eletrônica do Exército Brasileiro (EB) apresenta uma série de possibilidades e capacidades de emprego que podem ser incorporadas aos Grupos de Artilharia Antiaérea, a partir da inserção da fração de Guerra Eletrônica.

Nessa situação, verifica-se que essas capacidades são características únicas e específicas da Guerra Eletrônica que se tornam essenciais para o cumprimento da missão de defesa antiaérea, em especial no combate às aeronaves remotamente pilotadas de categoria até 02.

Diante do exposto, a seguir serão elencadas as possibilidades e limitações da Guerra Eletrônicas do EB que poderão agregadas aos meios anti-SARP da Antiaérea do EB.

5.1 POSSIBILIDADES DA FRAÇÃO DE GUERRA ELETRÔNICA

Uma possibilidade de atuação da Guerra Eletrônica é na condução de ações não cinéticas de bloqueio e despistamento eletrônicos sobre os sistemas eletromagnéticos do oponente. Essa capacidade está incorporada a alguns armamentos que utilizam métodos de neutralização de SARP, tais como de interferência de radiofrequência, de satélite e de laser (BRASIL, 2020).

Outra possibilidade observada é de proporcionar aumento de sobrevivência em combate de plataformas terrestres, por meio de sensores e interferidores. Nessa perspectiva, a exploração do espectro eletromagnético, por intermédio de armamentos interferidores das comunicações existentes entre a aeronave remotamente pilotada e o operador, permite a incapacitação de SARP com comportamento suspeito, ação pretendida pela antiaérea no combate a ameaça aérea (BRASIL, 2020).

A Guerra Eletrônica pode, também, atuar de forma flexível e modular, realizando intercâmbio de frações ou subunidades entre as diversas estruturas de GE, cedendo ou recebendo elementos de GE em apoio. Assim, a depender da complexidade da operação executada, como foram os Jogos Olímpicos 2016, no Brasil, poderia haver um intercâmbio de pessoal e material especializado de GE, envolvendo os Grupos de Artilharia Antiaérea e o Batalhão de Guerra Eletrônica (BRASIL, 2020).

Dentro das capacidades ligadas às Medidas de Ataque Eletrônico (MAE), a possibilidade de destruição física dos sistemas eletrônicos do oponente, por meio de ações ofensivas específicas e especializadas. Esse aspecto pode ser observado quando da utilização de método de neutralização laser, em que o sistema eletrônico do SARP é afetado pelo feixe concentrado de energia (BRASIL, 2022).

Outrossim, pode contribuir com a lista de alvos e a lista priorizada de alvos do escalão apoiado. Essa capacidade pode ampliar as possibilidades de detecção dos radares antiaéreos, que já executam tal tarefa (BRASIL, 2022).

São possibilidades da GE:

- a) apoiar, por meio de ações de GE, ofensivas e defensivas, ativas e passivas, os escalões da F Ter a que se subordina ou apoia, nas operações em situações de guerra e não guerra, no amplo espectro dos conflitos;
- b) produzir dados e informações de interesse e prover alerta antecipado às tropas em operações, por intermédio da aquisição e análise dos sinais eletromagnéticos oriundos do oponente;
- c) conduzir ações não cinéticas de bloqueio e despistamento eletrônicos sobre os sistemas eletromagnéticos do oponente;
- d) proporcionar aumento de sobrevivência em combate de plataformas aéreas, terrestres e navais por meio de sensores, materiais absorvedores, reirradiadores e interferidores;
- e) verificar a correta exploração dos meios de comunicações e não comunicações das Forças Amigas;
- f) atuar de forma flexível e modular, realizando intercâmbio de frações ou subunidades entre as diversas estruturas de GE, cedendo ou recebendo elementos de GE em apoio;
- g) cooperar com a Inteligência de Sinais (Intlg Sin), executando ações sistemáticas de aprestamento de GE quando não empregada operativamente ou mediante ordem;
- h) cooperar com as Operações de Informação;
- i) acessar o Banco de Dados do Sinal, antes e durante as ações, e atualizá-lo com dados e informações de interesse produzidos no curso de suas operações;
- j) receber em apoio meios e plataformas compatíveis com o grau de mobilidade do elemento a que se subordina ou apoia;
- k) integrar-se a ou ser integrado por frações de sinais dos Órgãos de Inteligência (OI) do Sistema de Inteligência do Exército (SIEEx);
- l) atuar nos níveis estratégico, operacional e tático;
- m) utilizar-se de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) para as ações de MAGE e MAE;

- n) utilizar-se de aeronaves da Aviação do Exército para as ações de GE; e
- o) coordenar as ações de GE com a Marinha e a Força Aérea (BRASIL, 2020, p. 2-1)

5.2 LIMITAÇÕES DA FRAÇÃO DE GUERRA ELETRÔNICA

A incorporação de uma fração de Guerra Eletrônica aos Grupos de Artilharia Antiaérea possibilitará diversos avanços no que tange o combate ao SARP até categoria 02, entretanto as limitações existentes devem ser estudadas para o melhor entendimento das restrições que serão assimiladas.

Uma limitação que se assemelha a que ocorre nas frações de Artilharia Antiaérea é de prover segurança e autoproteção a seus postos e centros, particularmente contra incursões terrestres e vetores aéreos do oponente. Fica evidente essa dificuldade em função dos reduzidos meios de proteção individual e coletivo, o que os tornam vulneráveis as ações da Força Oponente (BRASIL, 2020).

Outra limitação é a reduzida capacidade de reposição de material e de pessoal, em razão do alto valor agregado e tecnológico de seus equipamentos, além do elevado grau de especialização de seu material humano, fato que limita a recuperabilidade da fração GE (BRASIL, 2022).

Soma-se, também, a restrição ocasionada pela reduzida capacidade de apoio logístico aos seus elementos, quando desdobrados fora da área do posto de comando do escalão enquadrante. A elevada dispersão de seus elementos, para atender as diferentes necessidades de apoio, dificultam a garantia da manutenção do corrente fluxo dos meios logístico para o atendimento das suas tropas (BRASIL, 2022).

São limitações da GE:

- a) prover segurança e autoproteção a seus postos e centros, particularmente contra incursões terrestres e vetores aéreos do oponente; e
- b) realizar o apoio técnico-logístico às suas frações, em situações de grande descentralização dos meios (BRASIL, 2020, p. 2-2).

O BGE apresenta as seguintes limitações:

- a) reduzida capacidade de autodefesa;
- b) reduzida capacidade de reposição de material e de pessoal;
- c) reduzida capacidade de apoio logístico aos seus elementos, quando desdobrados fora da área do posto de comando do escalão enquadrante; e
- d) restrita eficácia das ações cibernéticas defensivas (BRASIL, 2022, p. 2-2).

6. POSSIBILIDADE DE ORGANIZAÇÃO DE FRAÇÃO DE GE NO GAAAE

A eficácia de neutralização de vetores aéreos remotamente pilotados pela Defesa Antiaérea exige pessoal especializado e dedicado às missões relacionadas a função, de modo a propiciar eficiência no uso de sistemas anti-SARP (ESPANHA, 2018).

A inserção de fração de GE no GAAAE demandará uma revisão doutrinária do emprego de pessoal e material, no que tange a exploração do espectro eletromagnético, em função dos conhecimentos serem voltados para o entendimento do ciclo de funcionamento do equipamento anti-SARP, sendo mais viável que essas demandas possam ser centralizadas em uma OM antiaérea (ESPANHA, 2018).

Nesse sentido, a integração de meios anti-SARP, em especial os que se utilizam da exploração eletrônica, permitirá potencializar suas capacidades, tendo em vista o aproveitamento dos sistemas existentes nos GAAAE, tais como os sistemas de Comando e Controle e Monitoramento (LIMA, 2020).

A capacidade antidrone precisa contar com pessoal especializado, dedicado ao emprego dos meios que a compõe. Os militares de unidades de Artilharia Antiaérea devem poder operar os meios anti-SARP, o que demanda a utilização de equipamentos que sejam fáceis de utilizar e que requeiram apenas um determinado nível de especialização. Com isso, entende-se que o emprego de um sistema antidrone deva ser uma capacidade a mais a ser desempenhada cumulativamente pelos artilheiros antiaéreos (LIMA, 2020 apud ESPANHA, 2019).

6.1 ORGANIZAÇÃO DO GRUPO DE ARTILHARIA ANTIAÉREA

A Artilharia Antiaérea tem como missão principal a defesa antiaérea de zonas de ação (Z Aç), de áreas sensíveis, de pontos sensíveis e de tropas, estacionadas ou em movimento, contra vetores aeroespaciais hostis (BRASIL, 2017).

O Grupo de Artilharia Antiaérea deve ter condições de impedir o reconhecimento e ataque aéreo contra diferentes ameaças. Nesse aspecto, BRASIL (2021) deixou expressa a missão de proteção contra Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas.

Para o cumprimento da missão de DAAE, o grupo deve realizar as ações abaixo especificadas:

a) impedir ou reduzir o reconhecimento aéreo inimigo; e

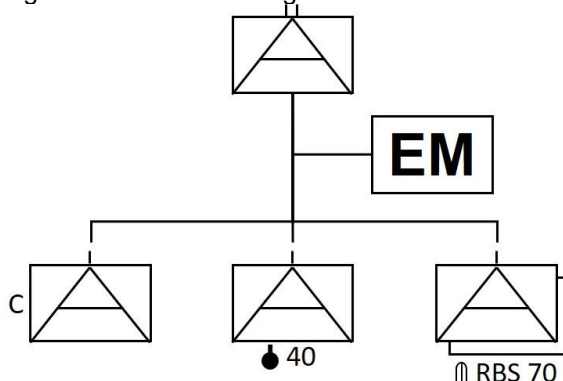
- b) impedir o ataque aéreo inimigo ou, pelo menos, reduzir os seus efeitos
- destruindo aeronaves inimigas;
 - forçando as aeronaves a gastar suas munições antes de atingir o alcance ideal ou efetivo de seu armamento;
 - desviando a aeronave antes de atingir seus alvos;
 - mitigando a eficácia do ataque;
 - forçando o inimigo a interromper o ataque aéreo;
 - realizando a proteção contra artilharia, morteiros e foguetes de determinado ponto, área sensível ou tropa;
 - atuando contra o armamento lançado pela ameaça aérea; e
 - realizando a proteção contra Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) (BRASIL, 2021, p. 2-1)

A constituição de GAAe é formado pelo comando e EM, de uma bateria de comando e de três baterias de AAAe, podendo ser de canhões e/ou mísseis (BRASIL, 2021).

Nesse aspecto, os canhões de dotação dos GAAe foram desativados, em 2023. A Portaria – EME/C Ex nº 993, de 17 de março de 2023 desativou o Sistema de Defesa Antiaérea Oerlikon – Contraves 35mm, e a Portaria – EME/C Ex nº 994, de 17 de março de 2023 desativou o Sistema de Defesa Antiaérea Bofors – Fila 40mm.

Assim, verifica-se que a desativação dos supracitados canhões gerou uma relativa lacuna de material de dotação dos GAAe, pois, por hora, a Bateria de Canhões foi mobiliada por mísseis, sendo admissível o estudo oportuno pela substituição por seções anti-SARP, que poderiam contemplar fração de GE, o que supriria a limitação de Defesa Antiaérea contra SARP até a categoria 02.

Figura 18 - Estrutura Organizacional do GAAe

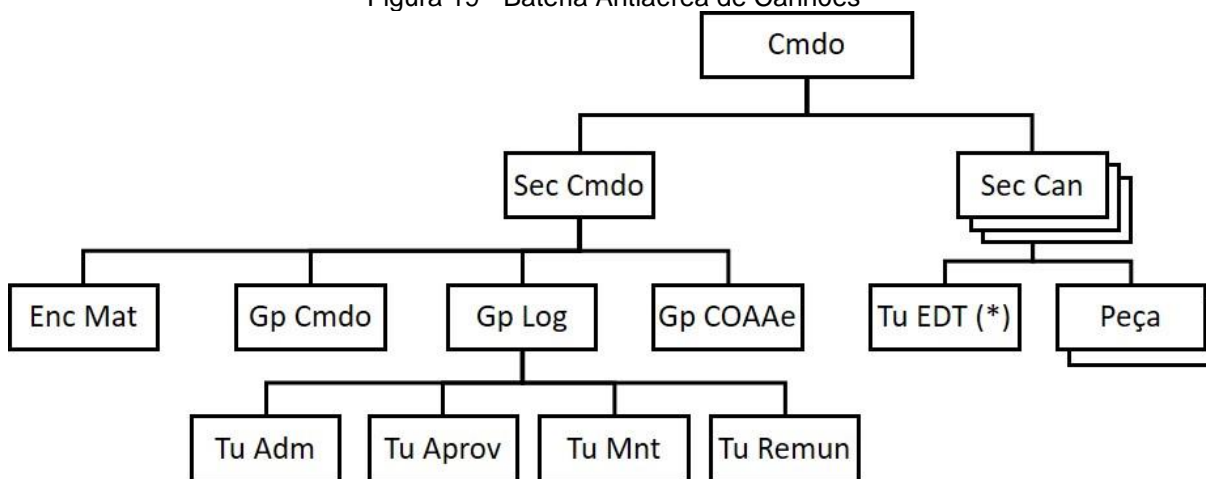


Fonte: BRASIL, 2021, p. 2-4

Nessa situação, a Bateria de Canhões, orgânica do GAA Ae, é constituída por Seção de Comando e Seções de Canhões, em que se pressupõem que uma delas poderia ser transformada em Seção anti-SARP, com fração de GE inserida. Cabe salientar a possibilidade de recebimento pelo GAA Ae de Turma de Eletrônica, expresso no manual doutrinário Grupo de Artilharia Antiaérea (BRASIL, 2021).

Seu pessoal e material orgânicos lhe conferem uma relativa autonomia, tornando-a capaz de atuar como elemento tático isolado, sempre que for necessário. Para tal, pode receber do grupo uma turma de ligação, uma turma de operações, uma turma de manutenção de viaturas, uma turma de manutenção e uma turma de eletrônica (BRASIL, 2021).

Figura 19 - Bateria Antiaérea de Canhões



(*) Dependendo do material, pode existir ou não o EDT

Fonte: BRASIL, 2021, p. 2-12

6.2 ORGANIZAÇÃO DO COMPANHIA DE GUERRA ELETRÔNICA

O Manual de Batalhão de Guerra Eletrônica, elaborado em 2022, reformulou a sua estrutura organizacional, com a menção à fração de sistema aéreos remotamente pilotados.

A Cia GE possui a seguinte organização:

- a) 01 (uma) seção de comando (Seç Cmndo);
- b) 01 (uma) turma de centro de operações de guerra eletrônica (Tu COGE);
- c) 01 (uma) seção de sistemas aéreos remotamente pilotados (Seç SARP); e
- d) 04 (quatro) pelotões de guerra eletrônica (Pel GE) (BRASIL, 2022).

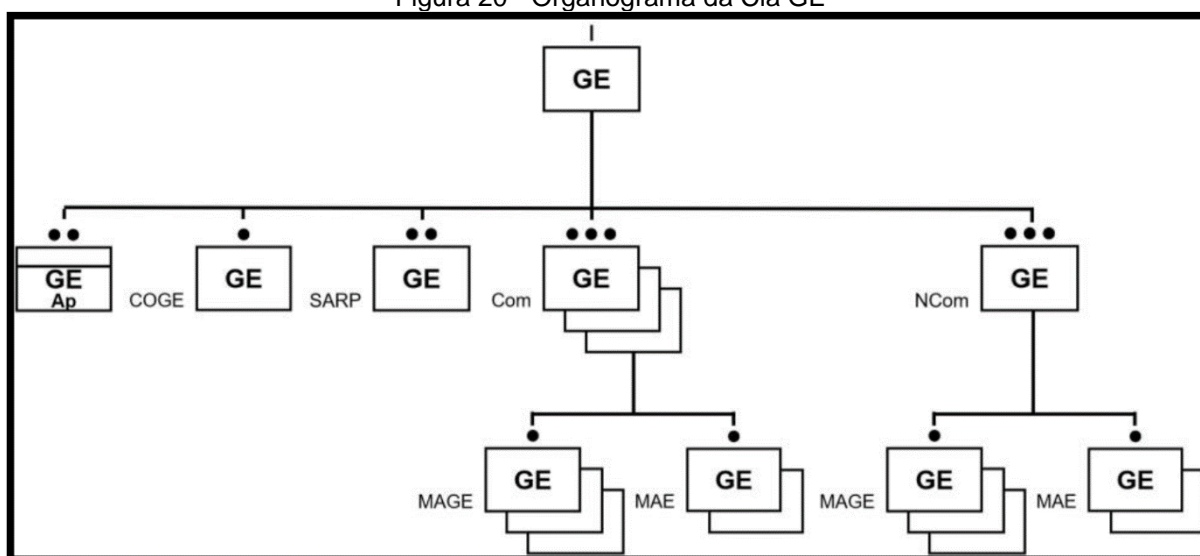
A novidade apontada pelo supracitado manual foi a inserção de uma seção de sistemas aéreos remotamente pilotados, que, dentro outras missões, está apta a

participar com meios de MAE anti-SARP. A evolução doutrinária deixa evidente a vocação da Guerra Eletrônica no combate aos vetores aéreos remotamente pilotados, a partir da exploração eletromagnética.

Realiza as seguintes tarefas:

- a) empregar aeronaves não tripuladas para atividades de GE;
- b) aprofundar as ações de GE em complemento ao desdobramento dos pelotões da Cia GE; e
- c) participar com meios de MAE anti-SARP dentro de um contexto sistêmico (BRASIL, 2022).

Figura 20 - Organograma da Cia GE



Fonte: BRASIL, 2022, p. 4-2

6.3 POSSIBILIDADE DE FRAÇÃO GE INCORPORADA AO GAAAE

O Manual de Campanha Grupo de Artilharia Antiaérea, em versão atualizada em 2021, faz menção a utilização de interferidores contra SARP, pela seção anti-SARP, no subitem Subsistema de Controle e Alerta do GAAAE nas Operações em Área Edificada, informando que a referida seção deve ter os meios necessários para combater tal ameaça (BRASIL, 2021).

Nesse sentido, nota-se a evolução doutrinária no que tange à existência de fração específica voltada ao combate aos SARP, sem, contudo, estipular em organograma onde estaria inserida nas Baterias do GAAAE. Além disso, não há detalhamento da natureza desses interferidores e se eles seriam destinados contra SARP até categoria 02 (BRASIL, 2021).

Nesse interim, DINIZ (2019) apresentou um modelo de seção anti-SARP a ser incorporado à Defesa Antiaérea, a partir do estudo realizado do emprego do 1º Batalhão de Guerra Eletrônica e da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea, nos Jogos Olímpicos 2016, no Rio de Janeiro.

A estrutura por ele idealizada buscou replicar o ciclo de funcionamento de neutralização de um SARP, passando pelas etapas iniciais de detecção até a execução de ativação de meio anti-SARP contra uma ameaça aérea.

O acionamento dos meios para o combate aos SARP nos JOP 2016 funcionava da seguinte forma:

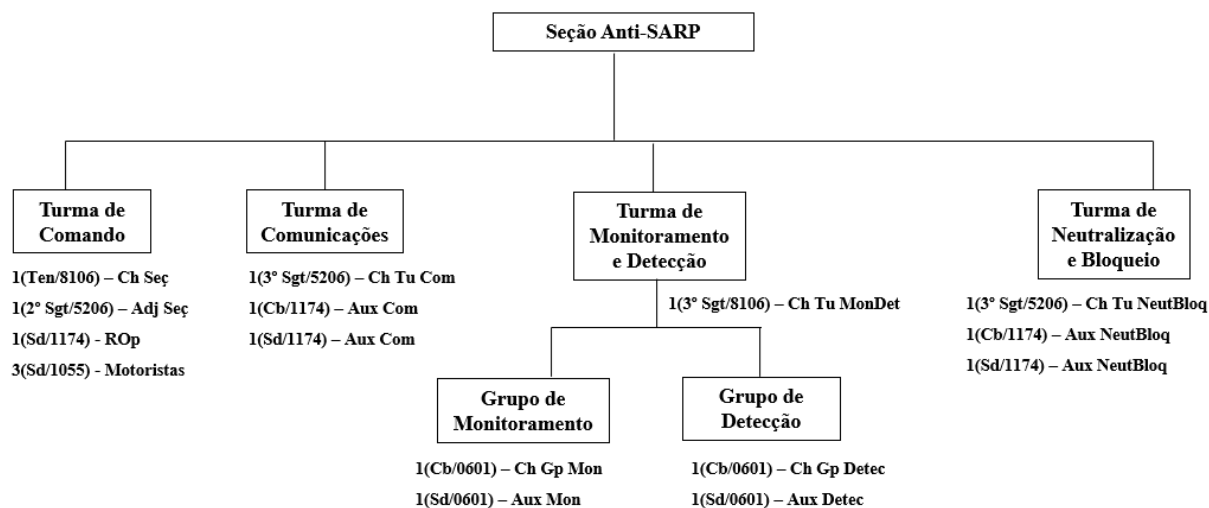
- Os diversos meios de detecção desdobrados realizavam a identificação das possíveis ameaças aéreas (SARP hostis e/ou desconhecidos);
- As informações obtidas pelos meios de detecção eram repassadas para os O Lig do CGDA;
- Os O Lig do CGDA, por sua vez, enviavam as referidas informações ao Centro de Operações Aéreas (COA), o qual tinha a missão de classificar a ameaça de acordo com as listas de autorizações para voo emitidas pelos Órgãos Regionais de Coordenação do Espaço Aéreo (ORCEA), assessorando a tomada de decisão da autoridade responsável, para realizar ou não a interferência e neutralização do vetor aéreo;
- Caso a decisão fosse por neutralizar, essa ação era realizada pelo 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE) por meio dos seus interferidores não cinéticos de rádio frequência (equipamentos SCE 0100-D). Após o pouso induzido do vetor aéreo as seguintes ações eram tomadas: isolar o local da queda, acionamento dos esquadrões antibomba e antiQBRN, inspeção do SARP e retirada do cartão de memória para averiguações (DINIZ, 2019, p.116).



Fonte: DINIZ, 2019

Nessa perspectiva, DINIZ (2019) organizou a Seção AntiSARP dos GAAAE sendo constituída por quatro frações: Turma de Comando, Turma de Comunicações, Turma de Monitoramento e Detecção (dividida em Grupo de Monitoramento e Grupo de Detecção) e Turma de Neutralização e Bloqueio.

Figura 22 - Proposta de constituição da Seção Anti-SARP



Fonte: DINIZ, 2019, p. 117

A partir do estudo realizado, pode-se chegar à inferência da possibilidade da existência de fração orgânica de guerra eletrônica, inserida dentro das Turmas de Monitoramento e Detecção, com os meios de Guerra Eletrônica de Detecção e Identificação, e da Turma de Neutralização e Bloqueio, com os armamentos anti-SARP de neutralização (DINIZ, 2019).

A Turma de Monitoramento e Detecção tem como proposta de constituição o Chefe da Turma de Monitoramento e Detecção (3º Sargento), o Chefe do Grupo de Monitoramento (Cabo), o Auxiliar do grupo de Monitoramento (Soldado), o Chefe do Grupo de Detecção (Cabo) e o Auxiliar do Grupo de Detecção (Soldado). Essa fração teria a missão de detectar, identificar e monitorar a aproximação dos SARP, utilizando-se dos meios de busca de GE, no local de vigilância determinado pela operação (DINIZ, 2019).

Por outro lado, a proposta de formulação da Turma de Neutralização e Bloqueio é constituída pelo Chefe da Turma de Neutralização e Bloqueio (3º Sargento) e 2 Auxiliares (1 Cabo e 1 Soldado). Essa fração teria a missão de neutralizar SARP, com

atitude hostil, identificada pela Turma de Monitoramento e Detecção e designada pelo Escalão Superior, com autoridade e autonomia para tomada de decisão (DINIZ, 2019).

6.4 CONCLUSÃO PARCIAL

Conclui-se, de modo parcial, que a estrutura concebida de combate aos SARP por intermédio da meios de Guerra Eletrônica, presente no Batalhão de Guerra Eletrônica, pode ser incorporada aos GAA Ae, diante da oportunidade presente com a desativação dos canhões antiaéreos e, ao mesmo tempo, a demanda existente por materiais que possibilitem o cumprimento da missão precípua de defesa contra ameaças aéreas de pequena dimensão.

Além disso, verifica-se que a fração de guerra eletrônica tem condições de ser incorporada à seção anti-SARP, fração essa que se vislumbra mobiliar os GAA Ae em um futuro próximo a partir de uma necessidade imposta pela evolução tecnológica das aeronaves remotamente pilotadas.

7. CAPACIDADES DA FRAÇÃO GE INCORPORADA AO GAAAE

O desenvolvimento de novas capacidades proporcionadas pela fração de Guerra Eletrônica deve ser entendido a partir do significado do termo no Glossário de Termos e Expressões do Exército, que faz a decomposição da palavra capacidade em fatores no acrônimo DOAMEPI: doutrina, organização (e/ou processos), adestramento, material, educação, pessoal e infraestrutura.

CAPACIDADE – Aptidão requerida a uma força ou organização militar, para que possa cumprir determinada missão ou tarefa. É obtida a partir de um conjunto de sete fatores determinantes, interrelacionados e indissociáveis: doutrina, organização (e/ou processos), adestramento, material, educação, pessoal e infraestrutura (DOAMEPI) (BRASIL, 2018, p. 50).

A capacidade a ser agregada pela GE significa incorporar uma aptidão ao GAAAE para cumprir determinada missão ou atividade. Ela implica na existência de Defesa AAe com prontidão para uma resposta imediata (BRASIL, 2022, p. 3-2).

Essas capacidades são alcançadas a partir de um conjunto de sete fatores relacionados e que devem ser atendidos para gerar o resultado pretendido: Doutrina, Organização (e/ou processos), Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura (DOAMEPI). Com relação a esse modelo conceitual “seu objetivo é traçar linhas gerais que permitam o início dos estudos [...], com o conseqüente aprofundamento necessário, atuando como uma direção geral dos trabalhos a serem desenvolvidos.” (LIMA FILHO, 2021, p.13).

7.1 DOCTRINA

BRASIL (2018, p.94) afirma que “DOCTRINA – Conjunto de princípios, conceitos, normas e procedimentos, fundamentadas principalmente na experiência, destinado a estabelecer linhas de pensamentos e a orientar ações, expostos de forma integrada e harmônica.”

A doutrina em todo mundo está em desenvolvimento e mesmo a dos Estados Unidos da América (EUA), maior potência bélica do planeta, ainda não está consolidada, como revela KOWRACH (2018) que a doutrina atual anti-SARP do Exército norte-americano carece de orientação operacional para os comandantes implementarem com sucesso as técnicas corretamente apresentadas no ATP 3-01.81 (*Counter-Unmanned Aircraft System Techniques*). Segundo o mesmo autor, as

publicações doutrinárias existentes não fornecem às organizações orientações de emprego. Assim, ele visualiza que o Exército dos EUA precisa criar doutrina operacional adicional abordando o emprego de recursos de detecção e defesa anti Drone.

Quanto a Espanha, as suas Forças Armadas entendem que a formulação da doutrina passa pelas experiências colhidas a partir da atuação da Força Terrestre em operações militares, assim bastaria reunir o conhecimento produzido para consolidação da doutrina. (LIMA apud ESPANHA, 2019).

Em relação ao Brasil, a expertise para o desenvolvimento doutrinário está praticamente limitada aos conhecimentos gerados nos Grandes Eventos, quando houve emprego de elementos de Guerra Eletrônica e de Defesa Antiaérea contra SARP até a categoria 02 (DINIZ, 2019).

7.2 ORGANIZAÇÃO

A organização, sob o prisma da Unidade Militar operativa, é entendida como uma estrutura organizada, equipada e adestrada para emprego em operações militares (BRASIL, 2018).

Segundo KOWRACH (2018), o manual norte-americano, que trata do emprego dos meios anti-SARP (*Counter-Unmanned Aircraft System Techniques*), atribui às pequenas unidades a detecção, o acompanhamento e a defesa contra SARP. O manual também descreve como as unidades devem primeiro evitar a detecção e observação e depois derrotá-los, usando os meios orgânicos disponíveis. Para isso, as organizações militares devem dispor de meios cinéticos e não cinéticos. Como exemplo de métodos não cinéticos incluem guerra eletrônica, ataques de micro-ondas e ataques cibernéticos, e métodos cinéticos incluem foguetes, mísseis e explosivos.

Segundo Espanha (2019), o país necessita ter um organismo nacional responsável pela coordenação das ações contra SARP, que deve orientar os diferentes órgãos do Estado voltados a atuar contra a ameaça aérea. O referido autor considera conveniente haver uma estrutura organizacional, no nível estratégico, que abarque os diferentes órgãos e sistemas estatais relacionados ao combate aos SARP, como a seleção de pessoal, formação especializada do material humano, a manutenção de sistemas e equipamentos, experimentação doutrinária, simulação, estudos sobre tecnologia e evolução da ameaça aérea.

Figura 23 - Organograma de seção anti-SARP Espanha



Fonte: PRADA, 2021

7.3 ADESTRAMENTO

O adestramento pode ser entendido como o preparo do material humano, abrangendo todas as atividades relacionadas com a formação de pessoal, nos diferentes níveis (pequenas frações, frações, subunidades, unidades e grandes unidades), para o possível emprego como instrumento de combate (BRASIL, 2018).

Para os EUA, a melhor defesa anti-SARP é alcançada por meio de planejamento, treinamento, coordenação e execução adequados das estratégias de treinamento da unidade. Desse modo, a Organização Militar tem a incumbência de planejar, treinar e executar operações como uma equipe integrada de armas combinadas, empregando todas as formas de técnicas de defesa aérea passiva e ativa (EUA, 2017).

Para Espanha (2019), as necessidades de adestramento deverão ser desenvolvidas nos processos de preparação nos respectivos estabelecimentos de formação, seja do pessoal operacional do ponto de vista tático, do pessoal técnico

para a manutenção dos sistemas anti-SARP, bem como ao pessoal responsável pela tomada de decisão, em posições de comando e controle.

O mesmo autor considera a existência de três níveis de adestramento: 1) Individual - compreensão do pessoal das capacidades dos meios anti-SARP, os danos que a ameaça pode representar, a identificação dos sinais da atividade inimiga e a resposta imediata necessária. 2) Unidade – consiste na preparação coletiva da unidade para detectar, identificar, informar e responder à ameaça aérea. 3) Conjunto - exercícios com outras unidades para praticar procedimentos de informação e coordenação, particularmente com a Defesa Antiaérea.

7.4 MATERIAL

O material anti-SARP tem uma concepção mais abrangente que meramente o armamento de emprego contra ameaça aérea, como ilustra o Glossário de Termos e Expressões para uso no Exército:

MATERIAL – Todo artigo necessário à utilização ou ao consumo para fins operacionais ou logístico. ITEM BÉLICO. 2. Expressão que abrange as armas; suas plataformas terrestres, navais e aéreas ou vetores de todos os tipos; munições; seus acessórios, sistemas de controle, de direção de tiro e de busca de alvos; os aparelhos que permitem as comunicações entre os homens que os operam e os que os comandam, os que evitam as interferências; os meios que possibilitam sua movimentação em terra, no mar e no ar, e a transposição dos cursos de água e outros obstáculos; os equipamentos e ferramentas que servem à sua manutenção e, ainda, os que facilitam, por simulação, o treinamento econômico das guarnições, incluindo as instruções e publicações técnicas que regulam a operação e os reparos de que venham a necessitar (BRASIL, 2018, p.168).

Nesse sentido, ESPANHA (2019) destaca que não existe uma única solução de material anti-SARP que seja eficaz contra todas as ameaças aéreas, em todos os momentos e lugares, a escolha do meio a ser utilizado vai depender do tipo de SARP, das regras de engajamento, o ambiente operacional, a situação geral e o objetivo a proteger.

Um sistema anti-SARP pode ser definido como um conjunto de sistemas interdependentes, composto por diferentes sensores, a estrutura de comando e controle e sistemas de armas, concebido para atuarem em todas as fases do ciclo de combate ao SARP: detecção, identificação, decisão e neutralização (ESPANHA, 2019).

Em 2019, havia cerca de 537 produtos destinados a atuar em algum tipo de sistema anti-SARP, desse total 175 são projetados apenas para detecção e pelo menos 138 sistemas são capazes de detecção e neutralização, simultaneamente. Nessa situação, dos 362 sistemas capazes de neutralização, 147 contam com um único sistema de neutralização e 215 contam com dois ou mais sistemas (MICHEL, 2019).

KOWRACH (2018) argumenta que os materiais defensivos anti-SARP são de dois tipos, cinéticos e não cinéticos. Os cinéticos abrangem os sistemas que usam lasers, redes ou munições tradicionais para capturar ou neutralizar SARP. Os não cinéticos podem invadir os sistemas controladores da aeronave, substituindo o operador, enviando-as para a origem ou forçando-as a pousar. O autor entende que deve ser feita uma avaliação dos pontos fortes das tecnologias atuais dos meios anti-SARP, de forma a garantir que o material adequado seja fornecido para a unidade militar ou organização apropriada.

Os materiais anti-SARP devem ser modulares, terem alta mobilidade e serem rapidamente atualizáveis, para se adaptarem à evolução da ameaça aérea, que permitam a integração de diferentes tipos de sensores de detecção, identificação, decisão e neutralização (ESPANHA, 2019).

7.5 EDUCAÇÃO

A educação é de vital importância para capacitar o material humano para desempenhar as diferentes funções atreladas à operação dos meios anti-SARP.

Educação – compreende todas as atividades continuadas de capacitação e habilitação, formais e não formais, destinadas ao desenvolvimento do integrante da Força Terrestre quanto à sua competência individual requerida. Essa competência deve ser entendida como a capacidade de mobilizar, a mesmo tempo e de maneira inter-relacionada, conhecimentos, habilidades, atitudes, valores e experiências, para decidir e atuar em situações diversas (BRASIL, 2022, p.3-3)

A educação voltada ao ensino das técnicas e táticas anti-SARP deve iniciar o quanto antes nos estabelecimentos de ensino e manter o constante aperfeiçoamento, de modo a gerar a conscientização do pessoal das Forças Armadas sobre as implicações da ameaça aérea, no ambiente operacional (ESPANHA, 2019).

Nessa perspectiva, em relação ao Brasil, constata-se que o conhecimento acerca do espectro eletrônico está, praticamente, restrito à pequena parcela de

militares do 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE). Assim, verifica-se que seria oportuno a ministração de cursos de capacitação de recursos humanos, no Centro de Instrução de Guerra Eletrônica (CIGE) ou na Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (DINIZ, 2019).

7.6 PESSOAL

Quanto ao pessoal, considera todas as variáveis relacionadas à gestão de pessoas. Nessa perspectiva, um tratamento adequado à administração de recursos humanos pode contribuir para melhoria das capacidades.

Pessoal – abrange todas as atividades relacionadas aos integrantes da força, nas funcionalidades: plano de carreira, movimentação, dotação e preenchimento de cargos, serviço militar, higidez física, avaliação, valorização profissional e moral. É uma abordagem sistêmica voltada para a geração de capacidades, que considera todas as ações relacionadas com o planejamento, a organização, a direção, o controle e a coordenação das competências necessárias à dimensão humana da Força (BRASIL, 2022, p.3-4)

O pessoal necessário para operar e manter os meios anti-SARP dependerá do tipo de sistema a ser adotado e qual função executará no ciclo de atuação contra a ameaça aérea: detecção, identificação, decisão e neutralização. Destaca-se que o mesmo pessoal que opera o sistema também deve ser capaz de realizar pelo menos a manutenção mínima, de primeiro escalão (ESPANHA, 2019).

Nesse contexto, verifica-se que a necessidade de saber operar meios anti-SARP precisa contar com pessoal especializado, dedicado às tarefas atinentes ao ciclo de neutralização do SARP. Além disso, o conhecimento voltado à utilização de sistemas anti-SARP deve ser uma aptidão agregada às missões desempenhadas pelos artilheiros antiaéreos, de forma cumulativa com outros sistemas de Defesa Antiaérea das Organizações Militares (LIMA apud ESPANHA, 2019).

7.7 INFRAESTRUTURA

A infraestrutura permite dar o suporte para o aperfeiçoamento dos aspectos da capacidade que pretende-se ser desenvolvida.

Infraestrutura – engloba todos os elementos estruturais (instalações físicas, equipamentos e serviços necessários) que dão suporte ao preparo e ao emprego dos elementos da F Ter, de acordo com a especificidade de cada

um e o atendimento aos requisitos do exercício funcional (BRASIL, 2022, p. 3-4)

As necessidades de infraestruturas serão condicionadas pelos tipos de meios anti-SARP adquiridos e pelos diferentes sistemas que compõem o ciclo de neutralização (sensores de detecção e identificação, estrutura de comando e controle e sistema de neutralização) (ESPANHA, 2019).

Outrossim, além da estrutura a ser criada ou adaptada para receber os materiais anti-SARP, é necessário avaliar as necessidades ligadas à infraestrutura voltada ao ensino e adestramento, derivadas da implementação dessa nova capacidade, como local de treinamento e equipamentos de simulação (ESPANHA, 2019).

Atualmente, a Artilharia Antiaérea do EB possui 06 (seis) Grupos de Artilharia Antiaérea, instalados por diferentes regiões do país, todos subordinados ao Comando de Defesa Antiaérea do EB. Além disso, inserido ao sistema, as Baterias Antiaéreas orgânicas das Brigadas, que, apesar de não serem subordinadas a esse Comando, tem vínculo técnico e operacional.

Em referência à estrutura de ensino, a antiaérea conta com uma escola de especialização – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea – para oficiais e sargentos do EB, responsável por habilitar os recursos humanos nas competências ligadas à Defesa Antiaérea.

7.8 CONCLUSÃO PARCIAL

A capacidade que se pretende incorporar a partir da inserção de fração de guerra eletrônica nos GAAe só pode ser entendida por intermédio do processo decomposição no acrônimo DOAMEPI.

A efetiva atuação dessa fração de GE no combate aos SARP até categoria 02 somente poderá ser obtida com o pleno desenvolvimento das capacidades, quando, a doutrina, a organização, o adestramento, o material, a educação, o pessoal e a infraestrutura necessárias estiverem, de fato, incorporadas às rotinas dos GAAe.

8. CONCLUSÃO

Os SARP têm apresentado uma evolução significativa nas últimas décadas, sua atuação tem permeado por diferentes situações do cotidiano da sociedade, desde finalidade de lazer até como equipamento de espionagem e combate. Desse modo, verifica-se a necessidade e importância de a Defesa Antiaérea ter condições de acompanhar a referida evolução.

Nessa situação, a Artilharia Antiaérea não apresenta uma estrutura organizacional anti-SARP detalhada em sua doutrina para atuar na defesa do espaço aéreo, em particular contra SARP categoria 02, que demanda equipamentos específicos de detecção e neutralização, devido as características da aeronave remotamente pilotada de ter reduzido tamanho e sobrevoa a baixa altura.

A pesquisa exploratória, a partir da bibliográfica proposta, buscou informações necessárias quanto como funcionamento dos SARP, os mecanismos e meios anti-SARP, como a fração GE poderia estar inserida ao GAAAE e, por fim, as capacidades de GE acrescidas à Defesa Antiaérea.

A evolução histórica da tecnologia e emprego do SARP demonstrou a importância que esse equipamento tomou nos combates, principalmente nas últimas décadas, de forma a alertar da urgência de desenvolvimento de armamentos que pudessem contrapor à essa ameaça.

Nesse contexto, buscou-se entender como esse sistema de aeronave trabalha, compreensão tal fundamental para perceber a razão da necessidade de inserção da fração de GE ao GAAAE, em função das limitações de atuação do material antiaérea atuais contra SARP até categoria 02.

Diante da perspectiva apresentada, verificou-se o oportuno conhecimento do ciclo de funcionamento dos meios anti-SARP, passando pela detecção, identificação e neutralização. Além disso, apontar a diversificação de materiais existentes, de modo a compreender que, de acordo com a ameaça aérea apresentada, é necessário um equipamento anti-SARP específico, sendo, assim, exemplificativo para mobiliar os GAAAE.

As potencialidades e limitações da fração de GE, que poderão ser incorporadas à antiaérea, a partir da inserção da fração de GE, demonstraram, em maior grau, os benefícios que proporcionarão à antiaérea. Nesse sentido, verificou-se, também, que

há estudos para criação de fração anti-SARP, nos GAA Ae, e que parcela desse modelo proposto poderia ser composta por elementos especializados de GE.

Outrossim, as capacidades a serem incorporadas de GE, por meio do acrônimo DOAMEPI (doutrina, organização, adestramento, material, educação, pessoal e infraestrutura), representam um modelo conceitual de como essas potencialidades serão agregadas ao GAA Ae, no combate aos SARP.

Por fim, pode-se concluir que os GAA Ae demandam pela inserção de fração de GE, de modo que as potencialidades do domínio do espectro eletromagnético possam ser acrescidas por meio do desenvolvimento das capacidades e, assim, a defesa antiaérea da Força Terrestre tenha condições efetivas de contrapor à disruptiva ameaça aérea moderna.

REFERÊNCIAS

ACKERMAN, E. **Drone Destruction with Directed Energy Weapon Test - IEEE Spectrum**. Disponível em: <<https://spectrum.ieee.org/raytheon-sets-phasers-to-drone-destruction-with-directed-energy-weapon-test>>. Acesso em: 22 jul. 2023

ALMEIDA, Felipe Martins Moreira. **O Emprego da Artilharia Antiaérea Frente as Ameaças Assimétricas nos Conflitos de Quarta Geração**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2021.

BAHIA, Matheus Lemos. **O Emprego das Armas de Energia Dirigida na Atualidade**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2021.

BARROS, Felipe Pereira. **Ensinaamentos Colhidos Acerca do Desdobramento dos Meios de Comando e Controle da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea nos Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Rio de Janeiro. 2017.

BIAVASCHI, Eduardo Luiz. **Emprego da AAAe alocada ao SISDABRA na defesa anti SARP: possibilidades, visão de futuro e relato de experiências**. In: II Simpósio Anti SARP. 30 jun. 2021, Rio de Janeiro. Anais. 40 *slides*. Apresentação do *Power Point*. Disponível em :<<http://www.esacosaae.eb.mil.br/images/phocagallery/2021/Simposio/00-palestras/008.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB20-MC-10.214: Vetores Aéreos da Força Terrestre**. 1. ed. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB70-MC-10.231 - Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Fundamentos EB20-MF-10.102 - Doutrina Militar Terrestre**. 2. ed. Brasília, 2019a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Fundamentos EB20-MF-10.201 – A Guerra Eletrônica na Força Terrestre**. 1. ed. Brasília, 2019b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB70- MC-10.315 – Batalhão de Guerra Eletrônica**. 1. ed. Brasília, 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB10-P-01.007 – Planejamento Estratégico do Exército 2020-2023**. 1. ed. Brasília, 2019c.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB20- MC-10.247 – A Guerra Eletrônica nas Operações**. 1. ed. Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB20- MC-10.365 – Grupo de Artilharia Antiaérea**. 2. ed. Brasília, 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Fundamentos EB20-MF-07.101 – Conceito Operacional do Exército Brasileiro – Operações de Convergência 2040**. 1. ed. Brasília, 2023.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Counter-Unmanned Aircraft Systems Technology Guide**. U.S. Department of Homeland Security, Technology Laboratory. 2019. Disponível em: <https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/c-uas-tech-guide_final_28feb2020.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2023.

CAMARA, Paulo Wilton. Ampliando a Visão do Pelotão de Cavalaria Mecanizado: o Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada. **Coleção Meira Mattos**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 47, p. 177-200, maio/ago. 2019.

DINIZ, Rodrigo Modesto Frech. **Proposta de concepção das Seções Anti-SARP nos Grupos de Artilharia Antiaérea**. Dissertação de Mestrado (Grau de Mestre em Ciências Militares com ênfase em Gestão Operacional) - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais. Rio de Janeiro. 2019.

DRONESHIELD. **DroneGun Tactical**. Long Range, Highly Effective Countermeasure. Disponível em: <<https://www.droneshield.com/products/dronegun-tactical>>. Acesso em: 18 jul. 2023.

FERREIRA NETO, Manoel de Araújo. **As Possibilidades e Limitações da Defesa Antiaérea do Exército Brasileiro Quando Empregada Contra Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas no Teatro de Operações**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2019.

FLORES, Bruno Maya. **Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP) do Tipo Loitering Munition: O Emprego da Artilharia Antiaérea Brasileira Frente a Essa Ameaça**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2021.

JONATHAN, Marcus. Como drones armados estão criando 'nova era da guerra'. **BBC Brasil**, 2022. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-60272353>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

LIMA FILHO, Paulo Davi de Barros. **A defesa anti-SARP na Força Terrestre**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Rio de Janeiro. 2020.

ŁUKASIEWICZ, Jędrzej; KOBASZYŃSKA, Anna. **Método proposto para construir um sistema anti-drone para a proteção de instalações importantes para a segurança do estado**, War Studies University, Polônia, abr. 2022. Disponível em: <<https://securityanddefence.pl/Proposed-method-for-building-an-anti-drone-system-for-the-protection-of-facilities,149268,0,2.html>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

MICHEL, Arthur Holland. **Counter-Drone Systems**. 2. ed. Washington D.C., 2019. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/projects/counter-drone-systems-project/>>. Acesso em 17 jul.2023.

MUNIZ, Matheus de Aguiar Vallim. **As Possibilidades de Emprego da Artilharia Antiaérea na Ação Antidrone: Perspectivas do Cenário Externo, Interno e do Combate Antidrone na Força Terrestre**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2021.

NETTO, Jed’Allah Issa Raffide. **Criação da Companhia de Comunicações de Brigada de Artilharia Antiaérea: a Importância das Comunicações nas Operações de Antiaérea**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2021.

OLIVEIRA, Mauricio José Lopes de. SARP: uma nova ameaça no campo de batalha do século XXI. jul. 2021. **defesanet**. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/terrestre/noticia/41202/sarp-uma-nova-ameaca-no-campo-de-batalha-do-seculo-xxi/>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

PECHARROMÁN, José Maria Peral; VEIGA, Ricardo. Relatório. **Estudo sobre a Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos Não Tripulados**. São Paulo, 2017.

PRADA, Fernando. **Countering Unmanned Aerial Systems Spanish Army Perspective**. 22 jun. 2021. Apresentação de slides. Acesso em 02 ago. 2023.

ROBIN RADAR SYSTEMS. **10 Counter-Drone Technologies to Detect and Stop Drones Today**. Disponível em: <<https://www.robinradar.com/press/blog/10-counter-drone-technologies-to-detect-and-stop-drones-today/>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

SILVA, Daniel Tenenbaum. **A Defesa Antiaérea (DA Ae) dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016 e Suas Principais Lições Aprendidas para os Subsistemas de Artilharia Antiaérea**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Rio de Janeiro. 2017.

SILVA, Eduardo; ALCOFORADO. DECEA divulga número de voos de drone por região. fev. 2023. **defesanet**. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/aviacao/noticia/1047431/decea-divulga-numero-de-voos-de-drones-por-regiao/>>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SILVA, Jetson Turkiello Machado da. A Transversalidade dos SARP. **Doutrina Militar Terrestre**. jul./set. 2021

SOUZA, José Alexandre Ferreira. **O Emprego da Brigada de Artilharia Antiaérea na Segurança dos Grandes Eventos no Território Nacional**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. Rio de Janeiro. 2017.

SPELTA, Bruno Villas-Bôas. **Possibilidades de Detecção e Neutralização de Drones pela Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro: Uma Proposta de Emprego em Ambiente Urbano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral) – Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro. 2019.

TREVITHICK, J. **Air Force Set To Deploy Its Counter-Drone “Phaser” Microwave Weapon Overseas**. Disponível em: <<https://www.thedrive.com/the-war-zone/29992/air-force-set-to-field-test-its-counter-drone-phaser-microwave-weapon-overseas-in-2020>>. Acesso em: 22 jul. 2023.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 10.ed. São Paulo: Atlas, 2009. ISBN: 9788522452606.

SHARMA, Apratim. **Sistemas de aeronaves não tripuladas (C-UAS)**. *Jornal de Estudos de Defesa*, Instituto Manohar Parrikar para Estudos e Análises de Defesa, Nova Delhi, Índia, v. 16, n. 4, p. 221-241, out/dez. 2022.

ZABRODSKYI, Mykhalo; WATLING, Jack, DANYLYUK, Oleksandr V; REYNOLDS, Nick. Preliminary Lessons in Conventional Warfighting from Russia’s Invasion of Ukraine: February–July 2022. **Royal United Services Institute for Defence and Security Studies**. RUSI Special Report, 30 nov. 2022.